

无损检测在固定式压力容器定期检验中运用研究

程瑞芬（阳煤集团压力容器检验中心，山西 太原 030021）

摘要：作为常见的承压类特种设备压力容器被广泛应用于生活中的各个领域，但在其运行过程中常常会面临一定的安全损坏问题，对人民生命财产安全造成威胁。基于此，本文对无损检测技术在固定式压力容器定期检验中的实施展开讨论，介绍了几种当前常见的无损检测技术，并对其具体的应用进行了相应的探讨与总结。

关键词：无损检测；固定式压力容器；检验

0 引言

在我国经济发展的过程中，压力容器在石油化工、机械制造、医疗卫生等众多领域都发挥了其至关重要的作用，进而对人们的日常工作生活也起到了直接的影响。在压力容器实际运行的过程中，往往需要面临高温高压、易燃易爆等恶劣环境条件，因此有必要不断加强压力容器检验工作力度，保证其安全稳定运行。

1 典型无损检测技术特点

1.1 磁粉检测技术

在磁粉检测技术的应用过程中，该技术可以有效将被检测构件磁化，并显著提升磁感应强度，在这样的环境下，内部磁力线密度将会得到明显提升，进而在遇到表面缺陷的时候磁力线就会产生变形，并通过吸引磁粉将缺陷的形状显现出来。当前，磁粉技术的检测精度不断提升，最大可以向呈现出宽度达到 0.1 微米的缺陷图像，这样的精度也可以支持压力容器表面微小缺陷的检测。在实际应用的过程中，磁粉检测技术呈现出多种应用类型，但值得注意的是，磁粉检测技术只能用在铁磁性材料近表面的检测之中，对于不锈钢、有色金属等都无法起到相应的检测效果，同时对位置较深的埋藏缺陷也不能有效检测。磁粉检测的方法与分类如表 1 所示。

表 1 磁粉检测的方法与分类

分类	检测方法			
	湿法		干法	
施加载体	荧光磁粉、非荧光磁粉		非荧光磁粉	
施加时机	连续法	剩磁法	连续法	剩磁法
磁化方法	轴向通电法、触头法、线圈法、磁轭法及中心导体法等	轴向通电法、触头法、线圈法、磁轭法及中心导体法等	轴向通电法、触头法、线圈法、磁轭法及中心导体法等	—

1.2 渗透检测技术

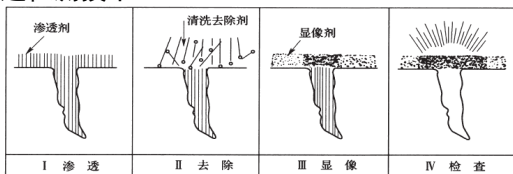


图 1 渗透检测技术操作步骤示意图

渗透检测技术的实施原理主要是将带色渗透液涂在被检构件表面，并使其渗入到开口缺陷中，在去除表面多余渗透液的基础上通过显像技术来观察表面缺陷的形状及分布。渗透检测技术的优势在于可以不受材料与几何形状的限制，但对表面粗糙度有着较高的要求，且在鉴定上也只能完成开口缺陷的检测。渗透检测技术的操作步骤如图 1 所示。

1.3 超声波检测技术

使用超声波检测技术可以有效利用其能量大、损失小等特征，在被检构件检测面射入超声波，当遇到缺陷的时候超声波就会产生回波，进而通过回波来判断缺陷的具体情况。通常情况下，超声波检测技术一般用于位置较深的埋藏缺陷、厚度较大构件的缺陷检验之中，但该技术的弊端在于很容易受到材料晶粒度以及缺陷形状方向的影响，降低最终检测的精确程度。

2 无损检测在固定式压力容器定期检验中的运用

2.1 对监测人员的要求

现阶段，无损检测人员已经被纳入到“特种设备检验检测工程技术人员”的行列当中，因此也对其技术水平与专业素养提出了更高的要求。无损检测技术人员在上岗之前必须先通过专业的考试与培训才可以承担相应的工作，除此以外，在实践经验和操作技能方面也对无损检测人员提出了较高要求，并且不能出现越级检测的情况^[1]。在无损检测人员实际工作过程中，在压力容器的生产、使用以及检验等各个流程当中都发挥了至关重要的作用，同时在特种设备行业中也体现出了十分突出的特殊性。值得注意的是，相关技术人员在进行压力容器检验工作的时候应重点依照被检测对象材料、几何构造等方法的差异选择合适的检验方法，当前磁粉检测技术和渗透检测技术是常用的两种无损检测方法。而涡流检测等表面无损检测方法则因缺陷显示不直观、判断灵敏度不高等缺陷在常规检验中较少得到使用。

2.2 无损检测方法的选择

在开展压力容器定期检验的过程中，无损检测方法的选择将会对最终的检验结果产生直接的影响，因此选择检验方法成为整个检验流程中的重中之重。一般来说，在选择检验方法的时候需要考虑材料特性、被检构件几何形状以及操作环境等诸多因素，进而促进检验结果的有效提升。在开展表面无损检测的过程中，铁磁性材料应采用磁粉无损检测方法，而管径较小的时候则需要使用渗透检测，对于位置比较深的缺陷则可以使用超声波检测方法。除此以外，检验技术人员在选择无损检测方法的时候常常会忽略对压力容器制造焊接、使用过程的分析，进而对方法选择的科学性造成影响。因此在选择无损检测方法时，应重点结合制造焊接记录与运行使用情况加以分析，从而有效明确在使用过程中是否存在敏感温度区域停留时间不合理、临氢环境设备升降压情况有误等问题，在此基础之上根据可能产生的缺陷选择适合的无损检测方法，保证满足相应的检测评判标准，为提升整体检测的准确性与时效

性奠定基础^[2]。

2.3 确定无损检测比例与部位

确定无损检测比例与部位也是检验流程当中十分关键的环节,在《固定式压力容器安全技术监察规程》当中也对其做出了明确规定。因此相关检验人员在实际操作的过程中,应不断加强对相关检验材料的了解与分析,并精准找到检验过程中的薄弱环节,针对焊接热影响区重叠区域、焊接返修区域以及存在缺陷的部位应进行重点监管,只有在确定无损检测部位和比例的基础上才能有效实现降低检验成本、提高检验效率的目的。此外,对于没有超标的焊接缺陷部位也可以结合实际情况增加缺陷检测项目,加强对其使用情况的了解;另外,还有一部分设备在检验过程中可能会呈现出环境开裂倾向,针对这部分设备应有

效增加无损检测比例,避免漏检问题的出现。

3 结语

综上所述,现阶段无损检测技术已经广泛运用于压力容器的定期检验当中,并起到了至关重要的作用。无损检测技术在实施的过程中具备着专业性强、更新换代快的特点,因此相关压力容器检验人员需要不断丰富自身的专业知识,同时加强与无损检测人员的沟通,进而保证可以充分发挥出无损检测技术的支撑作用。

参考文献:

- [1] 袁贵鹏. 浅析固定式压力容器定期检验中表面磁粉检测品质控制[J]. 科技资讯, 2020, 18(14): 48-49.
- [2] 赵婷婷. 压力容器制造过程质量控制[J]. 中国新技术新产品, 2020(19): 63-66.

(上接第 89 页) 结晶相的转变过程, 这种特征转变最先在与 γ 球晶相接触的 α 球晶相边缘先发生, 这种 γ 球晶是在高温条件下形成的, 随温度增加而增加。160℃以上时, 上述转变也在 α 晶核处发生。对于 155℃以下结晶样品, 即使在更高温度下延长退火时间, 固态相转变是有限的。由 α 结晶相经过相转变形成的 γ 结晶相的熔点要高于从熔体直接形成的 γ 结晶相的熔点, 高约 8℃。

4 外场辅助作用

聚合物分子链很容易受到外场作用的影响, 从而可改变其结晶行为。由于 PVDF 具有多晶型特性, 其可呈现不同的分子链构象, 因此其结晶行为更容易受到特定外场条件作用的影响。因此, 合理地应用超声作用和施加静电场等外场辅助作用可以有效提高 PVDF 中 γ 结晶相的含量。

通过对制备 PVDF 的 DMAc 溶液, 然后对其超声处理不同时间 (0~120min), 最后在 70℃干燥 2h 完成溶液结晶过程。结果表明: 未超声处理制备的样品中 γ 结晶相含量较少, 主要以 α 结晶相为主, 含量为 85%; 超声处理促进了 γ 结晶相的形成, 将其含量提高至 25% 以上, 超声 15~60min 的样品中 γ 结晶相含量已超过 80%; 当超声时间为 60min 时, γ 结晶相含量达到最大值 91%。超声作用可促进极性结晶相的形成, 作为一种辅助手段可用于高含量 γ 结晶相的 PVDF 材料的制备。

通过研究电场对 PVDF 的 γ 结晶相熔融结晶的影响, 利用偏光显微镜、热分析和广角 X 射线衍射光谱对其在电场下的结晶行为进行分析。即使在高过冷度条件下, 145℃熔融结晶 PVDF 在电场诱导作用下也可形成高含量 76% 的 γ 结晶相。这说明电场作用可以提高 γ 结晶相的含量和成核速率。随后, Marand 等人^[4]研究了在高电场强度的作用下结晶温度和电场强度对 PVDF 的结晶相含量和形貌的影响。结果表明, γ 结晶相的含量和成核速率随电场强度的增加而增加, 熔融结晶温度越高, 电场的影响越显著。

5 其他方法

除了上述介绍的 γ 结晶相制备方法, 还有其他相关制备方法, 例如静电纺丝、溶液结晶、表面保护控制、引入添加剂方法等。

6 结论

尽管目前已经报道了多种促进 PVDF 中形成 γ 结晶相

的方法, 包括熔体结晶、固态相转变、外场辅助作用等方法, 但是开发制备高含量 γ 结晶相的 PVDF 仍然面临较大的挑战。因此, 需要围绕 γ 结晶相的形成展开更为系统的研究, 开发简单易行的有效制备方法, 从而进一步拓宽 PVDF 的应用领域。

参考文献:

- [1] Iwamoto T, Itoh T, Ando Y, et al. 1988. Structure and melting behavior of poly (vinylidene fluoride) crystallized by pressure quenching [J]. Japanese Journal of Applied Physics, 27: L1969-L1972.
- [2] Ohigashi H, Hattori T. 1989. Growth of single crystals of poly (vinylidene fluoride) under high pressures [J]. Japanese Journal of Applied Physics, 28: L1612-L1615.
- [3] Ren J-Y, Zhang G, Li Y, et al. 2018. Effect of ion-dipole interaction on the formation of polar extended-chain crystals in high pressure-crystallized poly (vinylidene fluoride) [J]. Polymer, 158: 204-212.
- [4] Marand H, Stein R S. 1989. Isothermal crystallization of poly (vinylidene fluoride) in the presence of high static electric fields. II. Effect of crystallization temperature and electric field strength on the crystal phase content and morphology [J]. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 27: 1089-1106.

作者简介:

谭忠阳 (1987-), 男, 汉族, 吉林松原人, 单位: 沈阳理工大学材料科学与工程学院, 讲师, 博士研究生, 研究方向: 高分子材料加工制备与改性研究。

姚邦 (1987-), 男, 汉族, 陕西宝鸡人, 单位: 中航工业沈阳飞机工业 (集团) 有限公司, 校对员, 工程师, 研究方向: 金属材料表面改性、腐蚀与防护。

通讯作者:

郑文洁 (1988-), 女, 汉族, 新疆阿勒泰人, 单位: 沈阳理工大学材料科学与工程学院, 博士, 专任教师, 讲师, 研究方向: 高性能合成橡胶以及功能高分子材料。

基金项目:

国家自然科学基金资助项目 (No.51803206), 沈阳理工大学引进高层次人才科研支持计划 (No.1010147000918)